



災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)について

国土交通省
国土技術政策総合研究所
下水処理研究室

はじめに

被災自治体の下水道における緊急措置及び応急復旧の対応事例の検討による知見を収集。

応急復旧段階にある下水処理場の処理機能と放流先水域への影響について、実態を把握し災害時における下水の適切な管理を検討するための調査を実施（平成24年1月～3月）。

「災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会」（委員長：大村達夫東北大学教授）を設置し、意見聴取

「災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）」を作成

- ▶ 次の災害への備え
- ▶ 災害時の対応において活用

背景・目的

- 東日本大震災により、120箇所の下水处理場が被災。特に沿岸域では、津波により下水処理機能に壊滅的被害。衛生確保・水質保全のため、復旧が急務。
- 国土交通省は、「下水道地震・津波対策技術検討委員会」にてとりまとめた提言及び報告を通知。
 - 23年4月15日「緊急提言」～24年3月6日「4次提言」
 - 24年5月18日「報告書－東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方－」
- 目的: 災害時に必要とされる下水の管理機能を、現場の状況に応じて、緊急措置として確保し、また段階的な応急復旧として向上させるための考え方を、対応事例や下水処理・放流先水質等の知見に基づいて示し、重要なライフラインである下水道が機能を適切に発揮できるようにする。

第1章 総論

- 主たる対象範囲と構成は次の通りである。
 - 災害により深刻な被害を受け、下水の**緊急放流**や下水**処理機能の(段階的)復旧**を必要とする下水道施設を対象とし、その**緊急措置**段階から本復旧に至る**応急復旧**段階の期間を対象とする
 - 被災後の迅速な機能確保を図るため平時に備えておくべき事項についても参考記述している。
 - 総論、被災直後の対応、応急復旧の実施、及び参考事例の各章で構成。

第2章 被災直後の対応

- 被災直後においては、下水道施設の被災状況を速やかに把握した上で、緊急措置を行う。
 - 応急復旧の検討を行うに先立ち、下水処理場の**被災状況全般を確認**し、緊急措置を行う上で制約となる事項について整理を行う。
 - 必要な資器材の調達や、設備の応急復旧にかかる時間等については、**事前に調査**しておくことが望ましい。
 - 発災後の緊急措置では、被災者の生活空間から、**下水(汚水・雨水)を速やかに排除**し、水系感染症を防止するための**消毒**を行う。

断水が発生して汚水の発生が一時的に停止するほどの被害が生じた場合は、**上水道が復旧してから溢水の発生が始まる**ため、それまでにできるだけ早急に管きよの総点検を行い、**閉塞箇所等を把握して溢水を未然に防ぐ**とともに、溢水が発生した場合は、**近傍水路への導水等**による緊急的な対策を行う必要がある。

緊急措置の対応事例(管路)1



①土のう仮設水路



②素堀水路+シート



③雨/汚水管経由で川へ



④バキューム車で処理場へ

緊急措置の対応事例(管路)2



事例	放流ルート等	放流方法	仮設ポンプ
①	マンホール→近傍水路	土のう仮設水路	使用せず
②	マンホール→近傍水路	素堀水路+ビニールシート	使用せず
③	マンホール→河川 (応急復旧として、後に河川に簡易処理施設設置)	雨水管や被災していない污水管を經由	一部区間でポンプ使用
④	マンホール→処理場	バキューム車吸引	ポンプの都合がつき次第導入

緊急措置の対応事例(処理場)



⑤流入→仮設沈殿池/川へ



⑥流入→最初沈殿池へ

事例	箇所	放流方法	消毒
⑤	処理場流入きよ→ 仮設沈殿池または河川	仮設ポンプで導水	次亜塩素酸ナトリウム溶液(移動タンク)
⑥	処理場流入きよ→ 最初沈殿池	仮設ポンプで導水	固形塩素
⑦	汚水ポンプ場→河川	本川まで導水	固形塩素

第3章 応急復旧の実施

- 下水の排除機能が復旧し、処理機能の本復旧を進める段階において、本復旧までに時間を要する場合、都市の衛生確保および放流先水域の水質保全を速やかに達成するために、**本復旧までの間に暫定的に行う処理方式**を検討し、**応急復旧**として実施する。併せて放流先モニタリング結果により確認する。
 - 応急復旧として暫定的に行う水処理方式について、施設の被害状況、施設・敷地・人員等の利用可能状況、本復旧の工程等を考慮して選定する。
 - **応急復旧に特化した処理技術はない**ため、通常の処理で用いる技術（**沈殿、簡易曝気、生物処理、消毒等**）の中から、適用可能な技術を採用する。
 - 目標水質は、「下水道地震・津波対策技術検討委員会」報告を踏まえ、「**沈殿＋消毒**」で**BOD120mg/L以下**、「**沈殿＋簡単な生物処理**」で**BOD120～60mg/L**、「**生物処理＋沈殿＋消毒**」で**BOD60～15mg/L**として、**段階的な向上**を目指す。
 - 国交省の調査結果では、**応急復旧段階の下水処理水の放流先水域への影響**は、放流口近傍等に限定され、**海域等では顕著な影響は見られなかった**。

処理方式の例(沈殿)

- 沈殿法に用いる施設は、**流入生下水**を沈殿処理する沈殿池である。その設計及び維持管理については、**最初沈殿池**の考え方に準じる。
 - 設計の参考として、下水道施設計画・設計指針と解説(以下、設計指針という)では、①形状及び池数、②構造、③水面積負荷、④有効水深、⑨汚泥かき寄せ機、⑩汚泥引抜き設備等10項目の設計因子を定めている。
 - **既設の土木躯体(沈殿池等)を利用**する場合と、**仮設沈殿池(素堀、河川の一部せき止め等)**の場合とで異なるが、特に災害時に設計指針の考え方に準じることが難しい部分としては、汚泥かき寄せ等の**汚泥管理**が挙げられる。

沈殿池・仮設沈殿池の対応事例1

	沈殿池、仮設沈殿池の対応事例	処理センター (宮城県)	期間	放流先	寸法	処理水量	水面積負荷 ($m^3/m^2 \cdot 日$)	沈殿時間 (h)	消毒方法	処理水質			
										BOD (mg/L)	SS (mg/L)	大腸菌群数 (個/ml)	残留塩素
(土木躯体利用) 沈殿池	土木躯体利用の沈殿池 (県南浄化センターの復旧ステップ2)	県南	H23.6.6~ H23.7.14	太平洋	最初沈殿池(13.7m×19.2×3.4) + 反応タンク(6.6m×63×5.55) + 最終沈殿池(13.7m×47.7×3.6) 将来用既存1/2系列(第5、2/2)	78 m^3 /min	64.3	2.61	次亜塩	160~240 (平均203)	43~240 (平均139)	11~3,000 (平均566)	0.05未満 ~0.1
	土木躯体利用の沈殿池 (仙塩浄化センターの復旧ステップ1)	仙塩	H23.3.22~ H23.6	貞山運河	予備タンク(2268 m^3 +900 m^3) + 最初沈殿池(6981 m^3) + 反応タンク(32063 m^3) + 最終沈殿池(14592 m^3) 既存2系列(第2、3)	52 m^3 /min	11.8	14.24	3.22~固形塩素 3.29~次亜塩	97~250 (平均161)	20~57 (平均41)	150~980,000 (平均370,458)	0.05未満
	土木躯体利用の沈殿池 (石巻東部浄化センターの一次放流対策)	石巻東部	H23.4~ 24.4	太平洋	3.95m x 16.2m x 3m x 2水路x4池	8,000 m^3 /d	31.3	2.30	固形塩素	5.3~140 (平均67)	20~170 (平均67)	30~110,000 (平均6,637)	0.05未満 ~2.0
(素堀・河川 仮設沈殿池 せき止め)	処理場敷地内の素堀沈殿池 (県南浄化センターの復旧ステップ1)	県南	H23.4.2(4.4) ~6.7	太平洋	35m x 35m x 1.5m	32 m^3 /min	37.6	1.28	次亜塩	75~240 (平均159)	12~73 (平均29)	38,000~ 430,000 (平均 178,667)	0.05未満
	増田川の一部せき止め	県南	~H23.5.31	増田川	10m x 70m x 2m	8 m^3 /min	16.5	2.92	次亜塩	160~300 (平均248)	25~54 (平均41)	150,000~ 1,200,000 (平均437,000)	0.05未満
	処理場外敷地(多賀城緩衝緑地) での素堀沈殿池	仙塩	H23.3.20 ~8.5	砂押川	30m x 30m x 2m	8 m^3 /min	12.8	3.75	固形塩素	120~200	24~28	1万以上~11万	0.05未満 ~1.6
	要害川の一部せき止め	仙塩	-	-	約 500 m^3	8 m^3 /min	-	-	-	-	-	-	-
	石巻第2ポンプ場(真野川)での 素堀沈殿池	石巻東部	H23.3.26~ 7.19	旧北上川	18.5m x 5m x 1.5m	8 m^3 /min	124.5	0.39	固形塩素	24~170 (平均79)	14~160 (平均61)	77~28,100 (平均5,043)	0.05未満 ~1.5

■ 水面積負荷 $25m^3/(m^2d)$ 未満の場合でも、BOD・SS除去率が低い場合が多い。

沈殿池・仮設沈殿池の対応事例2



応急復旧の事例
(仮設沈殿池・素堀)



応急復旧の事例
(仮設沈殿池・既設)

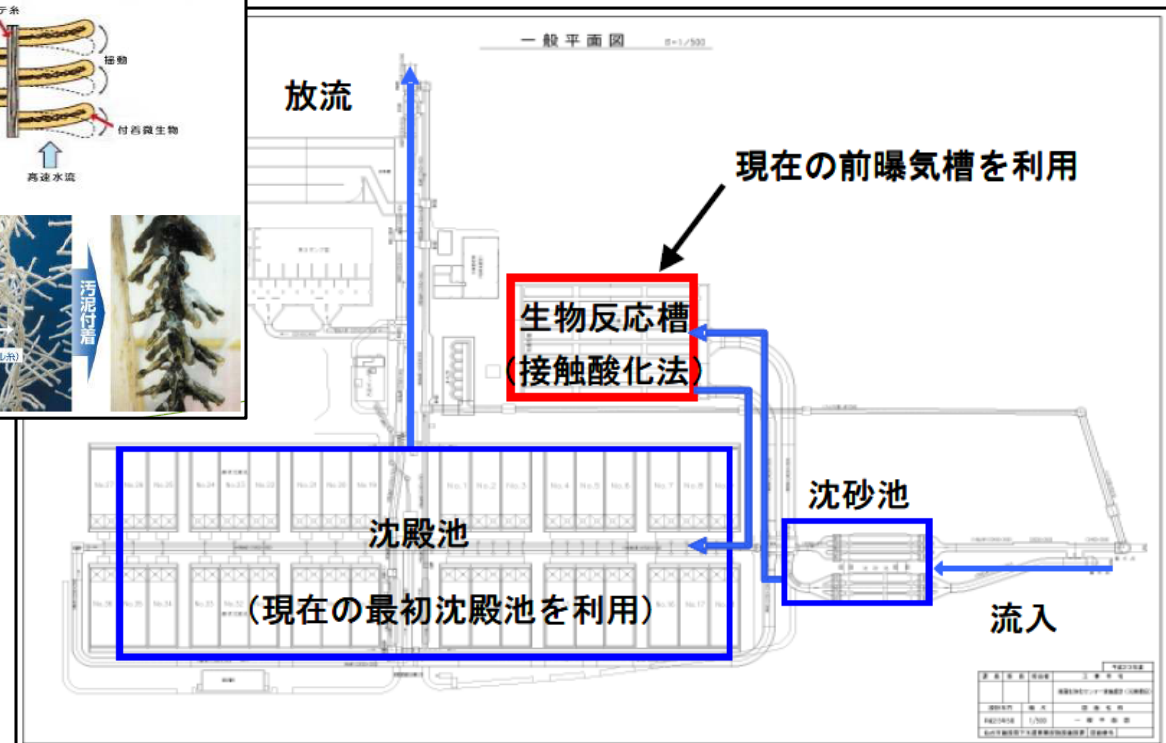
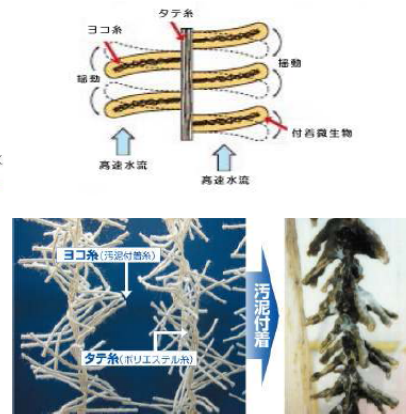
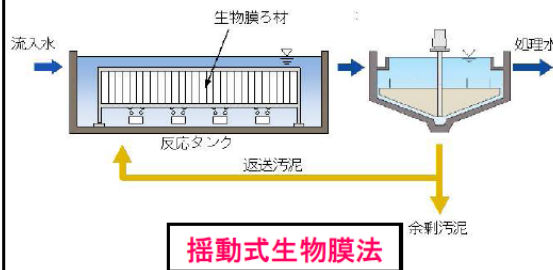
- 仮設沈殿池では、水深等が自在に設定できず、汚泥かき寄せ、引き抜き等も困難である。既存の土木躯体を用いる沈殿池でも、汚泥かき寄せ機等の破損、反応タンク等では水深が深すぎる場合等の課題がある。
- 従って、汚泥かき寄せ・引き抜き等の汚泥管理が可能な沈殿池を早急に復旧させることが、最初の重要な取組となる。

処理方式の例(水処理)

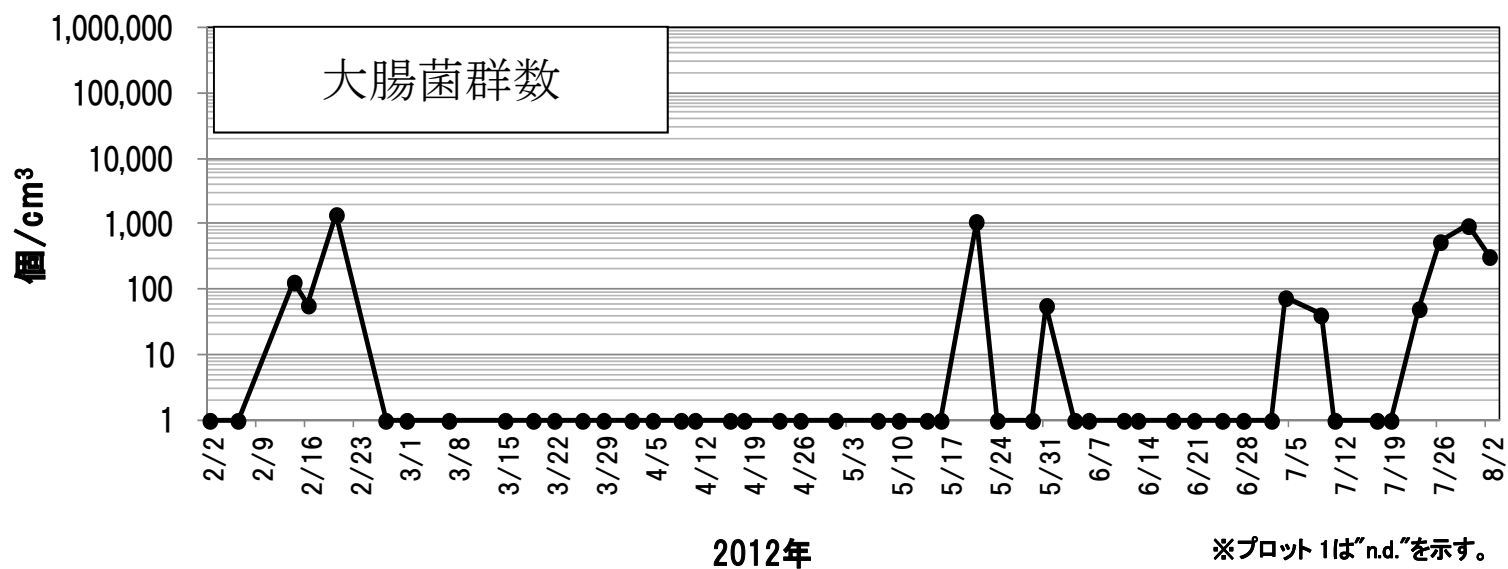
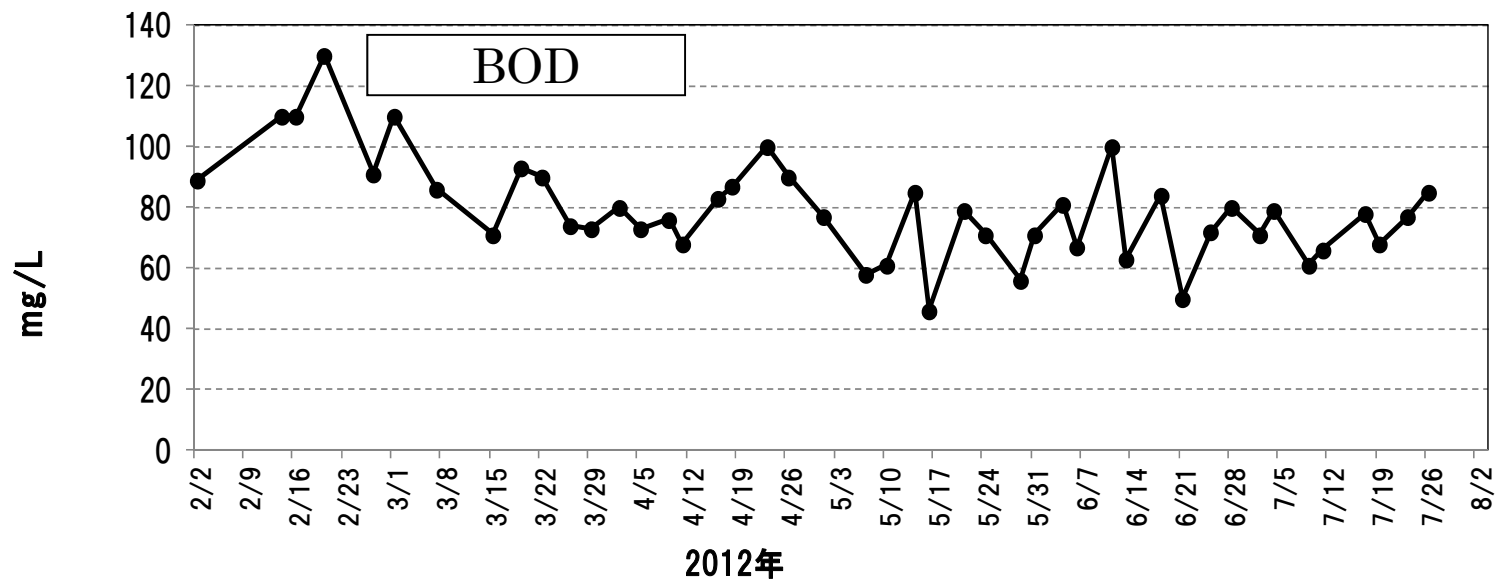
- 沈殿処理や凝集沈殿による目標水質の達成が困難な場合は**生物処理の適用**を検討する。
 - 今回の震災対応の応急復旧事例では、**接触酸化方式**が採用されて効果を上げている。また、**被災前の処理方式と同様の方式**(生物膜処理方式又は浮遊生物処理方式)を選ぶことも合理的な考え方である。
 - 水処理方式の選定にあたっては、次のフロー図を参考とすることができる。

水処理の応急復旧事例(接触酸化法)1

- 段階的水質向上策
 - 現状の水質
 - 下水道法の排出基準は未達成→段階的水質向上を要す
 - 前曝気槽の利用
 - 無動力で最初沈殿池への流入可
 - 水質向上策(接触酸化法)
 - 目標処理水質BOD40mg/l



水処理の応急復旧事例(接触酸化法)2



処理方式の例（消毒）

- 下水処理水の衛生学的安全性を確保するため、処理水中の大腸菌群数を3,000個/cm³以下に管理できるように、適切な消毒方法を選定する。
 - 処理場規模、経済性等を踏まえ、被災前に選定されていた消毒方法を基本とする。
 - 小規模処理場では固形塩素の採用事例が多い
 - 中規模以上の処理場では、次亜塩素酸ナトリウム溶液による消毒が多い
 - 水産業・放流先への配慮により、塩素以外の消毒方法（UV、オゾン）等が用いられている場合もある
 - 膜ろ過（MF膜、UF膜等）による対応も考えられる（凝集剤等と併用し、最初沈殿池越流水への適用の検討も）

処理方式の例（消毒）

- 平常時と比較して消毒効果等に配慮が必要。
 - 応急復旧段階の下水処理水には多くの有機物や浮遊物が残留し、透視度が低く、大腸菌等の濃度も高いため、消毒強度を通常の処理水の場合と比較して相当程度高くないとしない。特に、攪拌が不十分な場合、沈殿堆積した汚泥の嫌気化や巻き上がりにより還元性物質等で消毒剤が消費される場合等に留意する。
 - 平常時と同様に塩素消毒（次亜塩素酸ナトリウム又は固形塩素剤等）が主に用いられており、今回の震災対応事例はないが、紫外線消毒では通常の約2倍（ $400\text{J}/\text{m}^2$ ）、オゾン消毒では通常の約3倍（ $30\text{mg}/\text{L}$ ）の強度を目安に検討する。

汚泥処理



- 応急復旧段階の水処理が適切に機能するためには、汚泥処理処分を適切に行うことが不可欠である。
- 特に応急復旧段階では生汚泥が主体となるため性状が不安定であり、速やかに水分を除去し、最終処分に向けた搬出等を行う。



汚泥処理状況（仙台市南蒲生浄化センター）

今後の技術開発

- 今回の震災では事例がないが活用が期待される技術（合流改善等）や新規技術開発に取り組む必要がある

謝辞

- 「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」の検討に際し、学識者、地方公共団体等による「**災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会**」を設置し、意見聴取を行った。ここに感謝します。

「災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会」委員名簿(敬称略)

	氏名	所属・役職
委員長	大村 達夫	東北大学大学院 工学研究科 教授
副委員長	田中 宏明	京都大学大学院 工学研究科 附属流域圏総合環境質研究センター 教授
委員	神子 直之	立命館大学理工学部 環境システム工学科 教授
委員	片山 浩之	東京大学大学院 工学系研究科 准教授
委員	佐藤 弘泰	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授
委員	菅原 敬二	宮城県土木部 下水道課 課長
委員	渋谷 昭三	仙台市建設局 次長兼下水道事業部長
委員	橋本 敏一	地方共同法人 日本下水道事業団 技術戦略部 水処理技術開発課 課長
委員	南山 瑞彦	独立行政法人 土木研究所 水環境研究グループ 水質チーム 上席研究員
委員	諏訪 守	独立行政法人 土木研究所材料資源研究グループリサイクルチーム 主任研究員